



14 JAN 2004

RECEIVED	
12 FEB 2004	
WIPO	PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 102 53 614.7

Anmeldetag: 15. November 2002

Anmelder/Inhaber: AUDI AG, Ingolstadt/DE

Bezeichnung: Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine
eines Fahrzeugs, insbesondere eines Kraftfahrzeuges

IPC: F 02 D, F 01 N

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 6. November 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1 (a) OR (b)

Beschreibung

5

Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine eines Fahrzeugs,
insbesondere eines Kraftfahrzeuges

10 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine eines Fahrzeugs, insbesondere eines Kraftfahrzeuges nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

15 In der heutigen Fahrzeugtechnik werden Otto-Motoren als Brennkraftmaschinen mit einer Benzin-Direkteinspritzung anstatt einer konventionellen Saugrohrinspritzung bevorzugt, da derartige Brennkraftmaschinen gegenüber den herkömmlichen Otto-Motoren deutlich mehr Dynamik aufweisen, bezüglich Drehmoment und Leistung besser sind und gleichzeitig eine Verbrauchssenkung um bis zu 15 % ermöglichen. Möglich macht dies vor allem eine sogenannte Schichtladung im Teillastbereich, bei der nur im Bereich der Zündkerze ein zündfähiges Gemisch benötigt wird, während der übrige Brennraum mit Luft befüllt wird. Da herkömmliche Brennkraftmaschinen, die nach dem Saugrohrprinzip arbeiten, bei einem derartigen hohen Luftüberschuss, wie er bei der Benzin-Direkteinspritzung vorliegt, nicht mehr zündfähig sind, wird bei diesem

20 Schichtlademodus das Kraftstoff-Gemisch um die zentral im Brennraum positionierte Zündkerze konzentriert, während sich in den Randbereichen des Brennraums reine Luft befindet. Um das Kraftstoff-Gemisch um die zentrale im Brennraum positionierte Zündkerze herum zentrieren zu können, ist eine gezielte Luftströmung im Brennraum erforderlich, eine sogenannte Tumbleströmung. Dazu wird im Brennraum eine intensive, walzenförmige Strömung ausgebildet und der Kraftstoff erst im letzten Drittel der Kolbenaufwärtsbewegung

25
30

eingespritzt. Durch die Kombination von spezieller Luftströmung und gezielter Geometrie des Kolbens, der z. B. über eine ausgeprägte Kraftstoff-Strömungsmulde verfügt, wird der besonders fein zerstäubte Kraftstoff in einem sogenannten „Gemischballen“ optimal um die Zündkerze konzentriert und sicher entflammt. Für die jeweils optimale Anpassung der Einspritzparameter (Einspritzzeitpunkt, Kraftstoffdruck) sorgt die Motorsteuerung bzw. das Motorsteuergerät.

Derartige Brennkraftmaschinen können daher entsprechend lange im Magerbetrieb betrieben werden, was sich, wie dies oben bereits dargelegt worden ist, positiv auf den Kraftstoffverbrauch insgesamt auswirkt. Dieser Magerbetrieb bringt jedoch den Nachteil einer erheblich größeren Stickoxidmenge im Abgas mit sich, so dass die Stickoxide (NOx) im mageren Abgas mit einem Drei-Wege-Katalysator nicht mehr vollständig reduziert werden können. Um die Stickoxid-Emissionen im Rahmen vorgeschriebener Grenzen, z. B. des Euro-IV-Grenzwertes zu halten, werden in Verbindung mit derartigen Brennkraftmaschinen zusätzlich Stickoxid-Speicherkatalysatoren eingesetzt. Diese Stickoxid-Speicherkatalysatoren werden so betrieben, dass darin die von der Brennkraftmaschine erzeugten großen Mengen an Stickoxiden eingespeichert werden. Mit zunehmender gespeicherter Stickoxidmenge wird ein Sättigungszustand im Stickoxid-Speicherkatalysator erreicht, so dass der Stickoxid-Speicherkatalysator entladen werden muss. Dazu wird für eine sogenannte Entladephase kurzfristig mittels der Motorsteuerung bzw. dem Motorsteuergerät auf einen unterstöchiometrischen, fetten Motorbetrieb umgeschaltet, bei dem die Brennkraftmaschine mit einem fetten, einen Luftmangel aufweisenden Gemisch betrieben wird. Zu Beginn dieser Entladephase wird regelmäßig ein Sauerstoffspeicher des Stickoxid-Speicherkatalysators entleert, wodurch der für den Ausspeichervorgang erforderliche Sauerstoff zur Verfügung gestellt wird. Bei diesem Ausspeichervorgang wird das eingespeicherte Stickoxid insbesondere durch die bei diesen fetten Betriebsbedingungen zahlreich

vorhandenen Kohlenwasserstoffe (HC) und Kohlenmonoxide (CO) zu Stickstoff (N_2) reduziert, das dann in die Umgebung abgegeben werden kann.

Gemäß einem allgemein bekannten, gattungsgemäßen Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs ist ein erster Betriebsbereich als Magerbetriebsbereich vorgesehen, in dem die Brennkraftmaschine mit einem einen Luftüberschuss und damit einem Sauerstoffüberschuss aufweisenden mageren Gemisch betrieben wird und in dem die von der Brennkraftmaschine erzeugten Stickoxide in einen Stickoxid-Speicherkatalysator eingespeichert werden, wobei zum Entladen des Stickoxid-Speicherkatalysators mittels einem Motorsteuergerät vom Magerbetriebsbereich auf einen fetten Betriebsbereich umgeschaltet wird, in dem die Brennkraftmaschine mit einem einen Luftmangel aufweisenden fetten Gemisch betrieben wird und in dem die während des Magerbetriebsbereiches in den Stickoxid-Speicherkatalysator eingespeicherten Stickoxide aus dem Stickoxid-Speicherkatalysator ausgespeichert werden. Ferner ist ein zweiter Betriebsbereich als homogener Betriebsbereich vorgesehen, in dem die Brennkraftmaschine mit einem im Wesentlichen stöchiometrischen homogenen Gemisch ($\lambda = 1$) betrieben wird, wobei das Umschalten zwischen dem Magerbetriebsbereich und dem homogenen Betriebsbereich von dem Motorsteuergerät in Abhängigkeit von einer betriebsbedingten Last- und/oder Drehzahlanforderung bei Erreichen einer vorgebbaren Umschaltbedingung vorgenommen wird und wobei vom Motorsteuergerät vor dem Umschalten vom Magerbetriebsbereich auf den homogenen Betriebsbereich zuerst für eine Entladung des Stickoxid-Speicherkatalysators in den fetten Betriebsbereich geschaltet wird.

Konkret ist der Magerbetriebsbereich hier ein geschichteter Magerbetriebsbereich, bei dem der λ -Wert ungefähr 1,4 beträgt. Insbesondere in Verbindung mit einer dynamischen Fahrweise, wie dies z. B. im Stadtverkehr der Fall ist, wird vom Motorsteuergerät aufgrund der betriebsbedingten erhöhten Last-

und/ oder Drehzahlanforderung regelmäßig in den homogenen Betriebsbereich umgeschaltet, in dem die Brennkraftmaschine im Wesentlichen mit einem stöchiometrischen homogenen Gemisch von $\lambda = 1$ betrieben wird. Vom Motorsteuergerät wird dabei vor dem Umschalten in den homogenen Betriebsbereich 5 zuerst in den fetten Betriebsbereich geschaltet, um eine Entladung des Stickoxid-Speicherkatalysators vorzunehmen. Untersuchungen haben gezeigt, dass bei dieser Betriebsweise trotz eines zeitweisen Magerbetriebs das eigentlich vorhandene theoretische Magerbetrieb-Kraftstoffeinsparpotential nicht voll ausgeschöpft wird. Ein weiteres Problem hierbei ist, dass bei einer sehr dynamischen Fahrweise der Magerbetriebsbereich durch den erhöhten Momentenwunsch unter Umständen des öfteren verlassen werden muss, wodurch sich dann jedes Mal der Zwang für eine Stickoxid-Speicherkatalysatorentladung, d.h. eine Fettbetriebsphase, ergibt. Auch dies führt zu einem erhöhten Kraftstoffverbrauch.

15

Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine eines Fahrzeugs, insbesondere eines Kraftfahrzeugs, zur Verfügung zu stellen, mit dem auf einfache Weise eine hinsichtlich des Kraftstoffverbrauchs optimierte Betriebsweise der Brennkraftmaschine, insbesondere durch optimierten Magerbetrieb, möglich wird.

Diese Aufgabe wird gelöst mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

Gemäß Anspruch 1 sperrt das Motorsteuergerät ein Umschalten in den Magerbetriebsbereich, falls die Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge für die Entladungen in einem bestimmten vorgebbaren, sich über mehrere Magerbetriebsphasen erstreckenden Auswertezeitraum gleich oder größer ist als die Kraftstoff-Minderverbrauchsmenge durch Magerbetrieb in diesem Auswertezeitraum. Weiter gibt das Motorsteuergerät einen Magerbetrieb und damit ein 25 Umschalten zwischen dem Magerbetriebsbereich und dem homogenen 30

Betriebsbereich frei, falls die Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge für die Entladungen in dem Auswertezeitraum kleiner ist als die Kraftstoff-Minderverbrauchsmenge durch Magerbetrieb in diesem Auswertezeitraum. Dabei wird die Kraftstoff-Minderverbrauchsmenge als Funktion eines über den Auswertezeitraum gemittelten Stickoxid-Rohmassenstromwertes, als Funktion einer über den Auswertezeitraum gemittelten Kraftstoffeinsparmenge in den in den Auswertezeitraum fallenden Magerbetriebsphasen gegenüber den homogenen Betriebsbereichsphasen und als Funktion einer über den Auswertezeitraum gemittelten Zeit zwischen zwei einen vorgebbaren Last- und/oder Drehzahlgrenzwert überschreitenden und ein Verlassen des Magerbetriebsbereiches bedingenden Momentenanforderungen ermittelt. Weiter wird die Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge als Funktion eines über den Auswertezeitraum gemittelten Speicherkatalysator-Beladungszustandes ermittelt.

Vorteilhaft kann bei einem derartigen Betrieb einer Brennkraftmaschine das Fahrverhalten des Fahrers „gelernt“ werden und somit eine Vorhersage bezüglich des wahrscheinlichen zukünftigen Fahrverhaltens gemacht werden. D.h., dass bei dieser Betriebsweise das Fahrverhalten in der Vergangenheit über einen sinnvollen Auswertezeitraum ausgewertet wird und aufgrund dieser Auswertung die Vorhersage für die Zukunft, d.h. für die voraussichtliche Magerbetriebszeit errechnet werden kann. Im Unterschied zu einer rein stationären Betrachtungsweise wird somit bei einer derartigen auf den Auswertezeitraum im Mittel bezogenen Betrachtungsweise hier ggfs. selbst dann nicht der Magerbetriebsbereich freigegeben, wenn sich dies gemäß einer rein stationären Betrachtung zu einem bestimmten Zeitpunkt ergeben würde, da durch die Betrachtung und Abstimmung auf ein sinnvolles Zeitfenster hier jetzt erfindungsgemäß über die gemittelten Werte das Fahrverhalten insgesamt berücksichtigt wird und nicht ein aktueller stationärer Betriebspunkt.

Dadurch ist insgesamt eine besonders optimierte Betriebsweise, insbesondere im Hinblick auf die Kraftstoffeinsparung durch Magerbetrieb möglich.

5 Dadurch wird das Magerbetrieb-Kraftstoffeinsparpotential voll ausgeschöpft, da nur dann in den Magerbetriebsbereich umgeschaltet wird, wenn dies aufgrund des Fahrverhaltens des Fahrers sinnvoll ist, d.h. eine Kraftstoffeinsparung mit sich bringen kann. Sobald das Motorsteuergerät erkennt, dass dies nicht der Fall ist, wird der homogene Betriebsbereich gewählt. Besonders vorteilhaft beträgt der Auswertezeitraum wenigstens in etwa 100 Sekunden.

15 Gemäß einer besonders bevorzugten Verfahrensführung nach Anspruch 2 ist vorgesehen, dass sich die durch die Fettbetriebsphasen bedingte Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge in dem Auswertezeitraum errechnet als Summe einer für die Entladung des Sauerstoffspeichers benötigten ersten Kraftstoffmenge und einer für die Entladung des Stickoxidspeichers benötigten zweiten Kraftstoffmenge. Die erste Kraftstoffmenge, d.h. die Kraftstoffmenge zum Entladen des Sauerstoffspeichers, ist dabei pro Magerbetriebsphase in etwa konstant, während die zweite Kraftstoffmenge hauptsächlich eine Funktion der Stickoxid-Rohemissionen während der Magerzeit ist, so dass die zweite Kraftstoffmenge über den Auswertezeitraum gemittelt wird, wodurch die Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge als Funktion des über den Auswertezeitraum gemittelten Speicherkatalysator-Beladungszustandes auf einfache Weise ermittelt werden kann. Da ein Magerbetrieb mit einem Sauerstoffüberschuss gefahren wird, ist der Sauerstoffspeicher des Stickoxid-Speicherkatalysators sehr schnell voll-
25 ständig beladen, so dass die Sauerstoffbeladung der Stickoxid-Speicherkatalysatoren über der Magerphase stets als in etwa konstant anzusehen ist. Die Stickoxidbeladung der Stickoxid-Speicherkatalysators ist dagegen hauptsächlich eine Funktion der Magerzeit und ggfs. auch noch des Stickoxid-Rohmassenstroms. Beispielsweise ist für die Regeneration von 1 g Sauerstoff eine

Kraftstoffmenge von ca. 0,23 g nötig, während für die Regeneration von 1 g Stickstoffdioxid ca. 0,15 g Kraftstoff erforderlich sind.

5 Nach Anspruch 3 ist vorgesehen, dass aus dem Quotienten einer aktuellen Stickoxid-Speicherfähigkeit des Stickoxid-Speicherkatalysators und dem gemittelten Stickoxid-Rohmassenstromwertes eine erste Magerzeit berechnet wird. Die gemittelte Zeit zwischen zwei einen vorgebbaren Last- und/oder Drehzahlgrenzwert überschreitenden und ein Verlassen des Magerbetriebsbereiches bedingenden Momentenanforderungen als zweite Magerzeit wird mit der ersten Magerzeit verglichen, wobei das Minimum bzw. die kleinere der beiden Magerzeiten anschließend mit der gemittelten Kraftstoffeinsparmenge im Auswertezeitraum multipliziert wird. Dadurch lässt sich auf besonders einfache Weise die Kraftstoff-Minderverbrauchsmenge in dem Auswertezeitraum ermitteln. Mit einer derartigen Verfahrensführung ist eine besonders einfache und
15 zuverlässige Prädiktion der Fahrdynamik und damit auch eine Aussage über das zukünftige Fahrverhalten möglich, so dass ein optimierter Betrieb der Brennkraftmaschine insbesondere eine Optimierung der Magerbetriebsphasen möglich wird.

Besonders bevorzugt kann dabei nach Anspruch 4 die aktuelle Stickoxid-Speicherfähigkeitsmenge des Stickoxid-Speicherkatalysators als Funktion der Temperatur und/oder des Alterungsgrades und/oder der Verschwefelung ermittelt werden.

25 Konkret kann nach Anspruch 5 vorgesehen sein, dass der Stickoxid-Massenstrom vor dem Stickoxid-Speicherkatalysator und/oder der Stickoxid-Massenstrom nach dem Stickoxid-Speicherkatalysator jeweils über eine gleiche Zeitdauer aufintegriert werden, wobei zur Festlegung des Umschaltzeitpunktes von der Einspeicherphase auf die Entladephase und damit vom Magerbetriebsbereich auf den fetten Betriebsbereich wenigstens aus dem Integralwert des
30

Stickoxid-Massenstroms vor- und/oder nach dem Speicherkatalysator und/oder dem Umschaltzeitpunkt jeweils beim Erfüllen einer vorgebbaren Entlade-Umschaltbedingung in einer ersten Stufe zur Ermittlung des Alterungsgrades des Speicherkatalysators ein Umschalt-Betriebspunkt als Funktion einer momentanen Betriebstemperatur zum Umschaltzeitpunkt ermittelt wird. Anschließend wird der jeweilige Umschalt-Betriebspunkt in einer zweiten Stufe zur Ermittlung des Alterungsgrades des Speicherkatalysators mit einem über ein Temperaturfenster verlaufenden, vorgebbaren, insbesondere hinsichtlich des Kraftstoffverbrauchs optimierten Speicherkatalysator-Kapazitätsfeld, das durch eine Vielzahl von einzelnen Betriebspunkten für einen neuen und einen gealterten Speicherkatalysator gebildet ist, verglichen. Dabei stellt ein innerhalb des Speicherkatalysator-Kapazitätsfeldes liegender Umschalt-Betriebspunkt keine Unterschreitung der minimalen Stickoxid-Speicherfähigkeit dar, sondern die Änderung gegenüber dem vorherigen Betriebspunkt als Maß für die Speicherkatalysator-Alterung. Ein das Speicherkatalysator-Kapazitätsfeld verlassender Umschaltbetriebspunkt stellt dagegen eine Unterschreitung der minimalen Stickoxid-Speicherfähigkeit dar. Mit einer derartigen Verfahrensweise kann somit auf besonders einfache Weise eine aktuelle Erfassung des Wertes der Stickoxid-Speicherfähigkeit des Stickoxid-Speicherkatalysators betriebspunktabhängig unter Berücksichtigung des Alterungsgrades und/oder der Verschwefelung des Stickoxid-Speicherkatalysators ermittelt werden.

Besonders bevorzugt ist hierbei nach Anspruch 6 vorgesehen, dass zur Festlegung des Umschaltzeitpunktes von der Einspeicherphase auf die Entlade-
phase ein relativer Stickoxid-Schlupf als Differenz zwischen dem in den Stickoxid-Speicherkatalysator eingeströmten Stickoxid-Massenstrom und dem aus dem Stickoxid-Speicherkatalysator ausgeströmten Stickoxid-Massenstrom jeweils bezogen auf die Einspeicherzeit ermittelt wird dergestalt, dass der Quotient der Integralwerte des Stickoxid-Massenstroms vor und nach dem Stickoxid-Speicherkatalysator zudem in eine Relativbeziehung mit einem vorge-

baren, von einem Abgasgrenzwert abgeleiteten Stickoxid-Konvertierungsgrad gebracht wird, so dass beim Vorliegen dieser vorgebbaren Umschaltbedingung das Umschalten von der Einspeicherphase auf die Entladephase zum hinsichtlich Kraftstoffverbrauch und Einspeicherpotential optimierten Umschaltzeitpunkt durchgeführt wird.

Nach Anspruch 7 kann weiter vorgesehen sein, dass das Speicherkatalysator-Kapazitätsfeld bezogen auf das Temperaturfenster einerseits durch eine Grenzlinie für einen neuen Speicherkatalysator und andererseits durch eine Grenzlinie für einen Grenzalterungszustand darstellenden gealterten Speicherkatalysator begrenzt ist. Dabei umfasst das Temperaturfenster vorzugsweise Temperaturwerte zwischen in etwa 200° C und in etwa 450 °C.

Die Erfindung wird anhand einer Zeichnung näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 ein schematisches Diagramm der Kraftstoffeinsparmenge im Magerbetrieb über der Zeit, und

Fig. 2 ein schematisches Diagramm der Verbindlichkeiten der Kraftstoffmeherverbrauchsmenge über der Zeit.

In der Fig. 1 ist die Kraftstoffeinsparmenge im Magerbetriebsbereich über der Zeit dargestellt, wobei die Kurve 1 den zeitlichen Verlauf der Kraftstoffeinsparung während einer maximal zu realisierenden Magerzeit zeigt. Kurve 2 stellt das Integral der Kraftstoffeinsparmenge während dieser maximal zu realisierenden Magerzeit dar. Kurve 3 dagegen stellt die gemittelte, auf die Zeit bezogene Kraftstoffeinsparmenge während dieser maximal zu realisierenden Magerzeit dar.

Zur Ermittlung der Kraftstoff-Minderverbrauchsmenge ist diese mittlere Kraftstoffeinsparmenge entsprechend der Kurve 3 mit der maximal zu realisierenden Magerzeit zu multiplizieren. Zur Bestimmung der maximal zu realisierenden Magerzeit kann zuerst die gemittelte Zeit zwischen zwei einen vorgeb-
5 baren Last- und/oder Drehzahlgrenzwert überschreitenden und ein Verlassen des Magerbetriebsbereiches bedingenden Momentenanforderungen ermittelt werden. Diese gemittelte Zeit ist bezogen auf den Auswertezeitraum, d.h. dass verschiedene überschreitende Momentenanforderungen von ihrer Zeitspanne her verglichen werden und so der gemittelte Zeitwert zur Verfügung gestellt wird. Diese gemittelte Zeit zwischen zwei einem vorgebbaren last- und/oder drehzahlgrenzwertüberschreitenden und ein Verlassen des Magerbetriebsbereiches bedingenden Momentenanforderungen stellt eine sog. zweite Magerzeit dar. Als erste Magerzeit wird der Quotient einer aktuellen Stickoxid-Speicherfähigkeit der Stickoxid-Speicherkatalysators und dem gemittelten
15 Stickoxid-Rohmassenstromwert ermittelt. Die aktuelle Stickoxid-Speicherfähigkeit der Stickoxid-Speicherkatalysators wird dabei als Funktion der Temperatur und/oder des Alterungsgrades und/oder der Verschwefelung ermittelt. Der gemittelte Stickoxid-Rohmassenstromwert wird dabei für den Auswertezeitraum ebenfalls vom Motorsteuergerät ermittelt. Anschließend wird dann diese erste Magerzeit mit der zweiten Magerzeit verglichen, wobei die kleinere der beiden Magerzeiten, d.h. das Minimum dieser beiden Magerzeiten hergenommen wird, um mit der gemittelten Kraftstoffeinsparmenge im Auswertezeitraum multipliziert zu werden.

25 Zur Ermittlung der Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge wird die Summe für die der Magerphase folgenden Fettphasen der für die Entladung des Sauerstoffspeichers der Stickoxid-Speicherkatalysators benötigten ersten Kraftstoffmenge und einer für die Entladung der Stickoxidspeichers der Stickoxid-Speicherkatalysators benötigten zweiten Kraftstoffmenge gebildet. Dieser
30 Zusammenhang ist in Fig. 2 dargestellt. Aus dieser Fig. 2 ist ersichtlich, dass

die Kraftstoffmenge zur Entladung des Sauerstoffspeichers in etwa konstant ist (Kurve 5), während die zweite Kraftstoffmenge zur Entladung des Stickoxidspeichers (Kurve 4) eine Funktion der Magerzeit ist, da der Sauerstoffspeicher unmittelbar nach Beginn einer Magerbetriebsphase bereits in etwa vollständig beladen ist, während die Stickoxide träger sind und daher eine längere Zeit zur Anlagerung benötigen. Dies bedeutet, dass in Abhängigkeit von der jeweiligen Magerbetriebsphasenzeit mehr oder weniger Stickoxide während dieser Magerphase in den Stickoxidspeicher eingespeichert werden können. Kurve 6 ist die Summe der Kraftstoffmengen der Kurven 4 und 5. Wird auch hier wieder über die Zeit, d.h. über einen Auswertezeitraum gemittelt, dann ergibt sich eine zeitbezogene Stickoxid-Speicherkatalysatorbeladung mit Stickoxiden, so dass bei einer gleichzeitigen Berücksichtigung der Magerzeit nach der folgenden Formel die Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge berechnet werden kann:

Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge (g) = Sauerstoffspeichermenge (g) x erste prozentuale Kraftstoffmenge + auf die Zeit bezogene gemittelte NO_x-Speichermenge (g/s) x Magerzeit (s) x zweite prozentuale Kraftstoffmenge

Die hier vorgesehene Magerzeit ergibt sich aus der Summe der einzelnen Magerbetriebszeiten im Auswertezeitraum.

Ein auf den Auswertezeitraum bezogener Vergleich der Kraftstoff-Minderverbrauchsmenge mit der Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge, d.h. ein Vergleich der Kurve 2 in Fig. 1 und der Kurve 6 in Fig. 2 ermöglicht somit eine Betriebsweise dergestalt, dass das Motorsteuergerät ein Umschalten in den Magerbetriebsbereich sperrt, falls die Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge für die Entladungen in dem betrachteten Auswertezeitraum, der vorzugsweise in etwa 100 Sekunden beträgt, gleich oder größer ist als die Kraftstoff-Minderverbrauchsmenge durch den Magerbetrieb in diesen Auswertezeitraum. Ist dagegen die Kraftstoffmehrverbrauchsmenge für die Entladungen kleiner als

die Kraftstoff-Minderverbrauchsmenge durch Magerbetrieb in diesem Auswertezeitraum, so gibt das Motorsteuergerät einen Magerbetrieb und damit ein Umschalten zwischen dem Magerbetriebsbereich und dem homogenen Betriebsbereich frei.

Ansprüche

5

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine eines Fahrzeugs, insbesondere eines Kraftfahrzeuges, mit einem ersten Betriebsbereich als Magerbetriebsbereich, in dem die Brennkraftmaschine mit einem einen Luftüberschuss und damit einen Sauerstoffüberschuss aufweisenden mageren Gemisch betrieben wird und in dem die von der Brennkraftmaschine erzeugten Stickoxide in einen Stickoxid-Speicherkatalysator eingespeichert werden, wobei zum Entladen des Stickoxid-Speicherkatalysators mittels einem Motorsteuergerät vom Magerbetriebsbereich auf einen fetten Betriebsbereich umgeschaltet wird, in dem die Brennkraftmaschine mit einem einen Luftmangel aufweisenden fetten Gemisch betrieben wird und in dem die während des Magerbetriebsbereiches in den Stickoxid-Speicherkatalysator eingespeicherten Stickoxide aus dem Stickoxid-Speicherkatalysator ausgespeichert werden, und mit einem zweiten Betriebsbereich als homogenen Betriebsbereich, in dem die Brennkraftmaschine mit einem im Wesentlichen stöchiometrischen homogenen Gemisch ($\Lambda = 1$) betrieben wird, wobei das Umschalten zwischen dem Magerbetriebsbereich und dem homogenen Betriebsbereich von dem Motorsteuergerät in Abhängigkeit von einer betriebsbedingten Last- und/oder Drehzahlanforderung bei Erreichen einer vorgebbaren Umschaltbedingung vorgenommen wird und wobei vom Motorsteuergerät vor dem Umschalten vom Magerbetriebsbereich auf den homogenen Betriebsbereich zuerst für eine Entladung des Stickoxid-Speicherkatalysators in den fetten Betriebsbereich geschaltet wird,

15

20

25

30

dadurch gekennzeichnet,

5 dass das Motorsteuergerät ein Umschalten in den Magerbetriebsbereich sperrt, falls die Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge für die Entladungen in einem bestimmten vorgebbaren, sich über mehrere Magerbetriebsphasen erstreckenden Auswertezeitraum gleich oder größer ist als die Kraftstoff-Minderverbrauchsmenge durch Magerbetrieb in diesem Auswertezeitraum,

15 dass das Motorsteuergerät einen Magerbetrieb und damit ein Umschalten zwischen dem Magerbetriebsbereich und dem homogenen Betriebsbereich freigibt, falls die Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge für die Entladungen in dem Auswertezeitraum kleiner ist als die Kraftstoff-Minderverbrauchsmenge durch Magerbetrieb in diesem Auswertezeitraum,

20 dass die Kraftstoff-Minderverbrauchsmenge als Funktion eines über den Auswertezeitraum gemittelten Stickoxid-Rohmassenstromwertes, als Funktion einer über den Auswertezeitraum gemittelten Kraftstoffeinsparmenge in den in den Auswertezeitraum fallenden Magerbetriebsphasen gegenüber den homogenen Betriebsbereichsphasen in diesem Auswertezeitraum und als Funktion einer über den Auswertezeitraum gemittelten Zeit zwischen zwei einen vorgebbaren Last- und/oder Drehzahlgrenzwert überschreitenden und ein Verlassen des Magerbetriebsbereiches bedingenden Momentenanforderungen ermittelt wird, und

25 dass die Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge als Funktion eines über den Auswertezeitraum gemittelten Speicherkatalysator-Beladungszustandes ermittelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

dass sich die durch die Fettbetriebsphasen bedingte Kraftstoff-Mehr-
verbrauchsmenge in dem Auswertezeitraum errechnet als Summe einer
für die Entladung des Sauerstoffspeichers benötigten ersten Kraftstoff-
menge und einer für die Entladung des Stickoxidspeichers benötigten
zweiten Kraftstoffmenge,

dass die erste Kraftstoffmenge pro Magerbetriebsphase in etwa konstant
ist, und

dass die zweite Kraftstoffmenge wenigstens eine Funktion der Stickoxid-
Rohemission während der Magerzeit ist dergestalt, dass die zweite
Kraftstoffmenge über den Auswertezeitraum gemittelt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,

dass aus dem Quotienten einer aktuellen Stickoxid-Speicherfähigkeits-
menge des Stickoxid-Speicherkatalysators und dem gemittelten Stick-
oxid-Rohmassenstromwert eine erste Magerzeit berechnet wird,

dass die gemittelte Zeit zwischen zwei einen vorgebbaren Last- und/oder
Drehzahlgrenzwert überschreitenden und ein Verlassen des Magerbe-
triebsbereiches bedingenden Momentenanforderungen als zweite
Magerzeit mit der ersten Magerzeit verglichen wird dergestalt, dass die
kleinere der beiden Magerzeiten anschließend mit der über den Aus-
wertezeitraum gemittelten Kraftstoffeinsparmenge multipliziert wird zur
Ermittlung der Kraftstoff-Minderverbrauchsmenge in dem Auswertezeit-
raum.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die aktuelle Stickoxid-Speicherfähigkeitsmenge des Stickoxid-Speicher-katalysators als Funktion der Temperatur und/oder des Alterungsgrades und/oder der Verschwefelung ermittelt wird.

5

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der aktuell erfasste Wert über die Stickoxid-Speicherfähigkeit des Stickoxid-Speicher-katalysators betriebspunktabhängig unter Berücksichtigung des Alterungsgrades und/oder der Verschwefelung des Stickoxid-Speicher-katalysators ermittelt wird dergestalt,

dass der Stickoxid-Massenstrom vor dem Stickoxid-Speicher-katalysator und/oder der Stickoxid-Massenstrom nach dem Stickoxid-Speicher-katalysator jeweils über eine gleiche Zeitdauer aufintegriert werden,

15

dass zur Festlegung des Umschaltzeitpunktes von der Einspeicherphase auf die Entladephase und damit vom Magerbetriebsbereich auf den fetten Betriebsbereich wenigstens aus dem Integralwert des Stickoxid-Massenstroms vor und/oder nach dem Speicher-katalysator und/oder dem Umschaltzeitpunkt jeweils beim Erfüllen einer vorgebbaren Entlade-Umschaltbedingung in einer ersten Stufe zur Ermittlung des Alterungsgrades des Speicher-katalysators ein Umschalt-Betriebspunkt als Funktion einer momentanen Betriebstemperatur zum Umschaltzeitpunkt ermittelt wird, und

25

dass der jeweilige Umschalt-Betriebspunkt in einer zweiten Stufe zur Ermittlung des Alterungsgrades des Speicher-katalysators mit einem über ein Temperaturfenster verlaufenden, vorgebbaren, insbesondere hinsichtlich des Kraftstoffverbrauchs optimierten Speicher-katalysator-Kapazitätsfeld, das durch eine Vielzahl von einzelnen Betriebspunkten für

30

einen neuen und einen gealterten Speicherkatalysator gebildet ist, verglichen wird dergestalt,

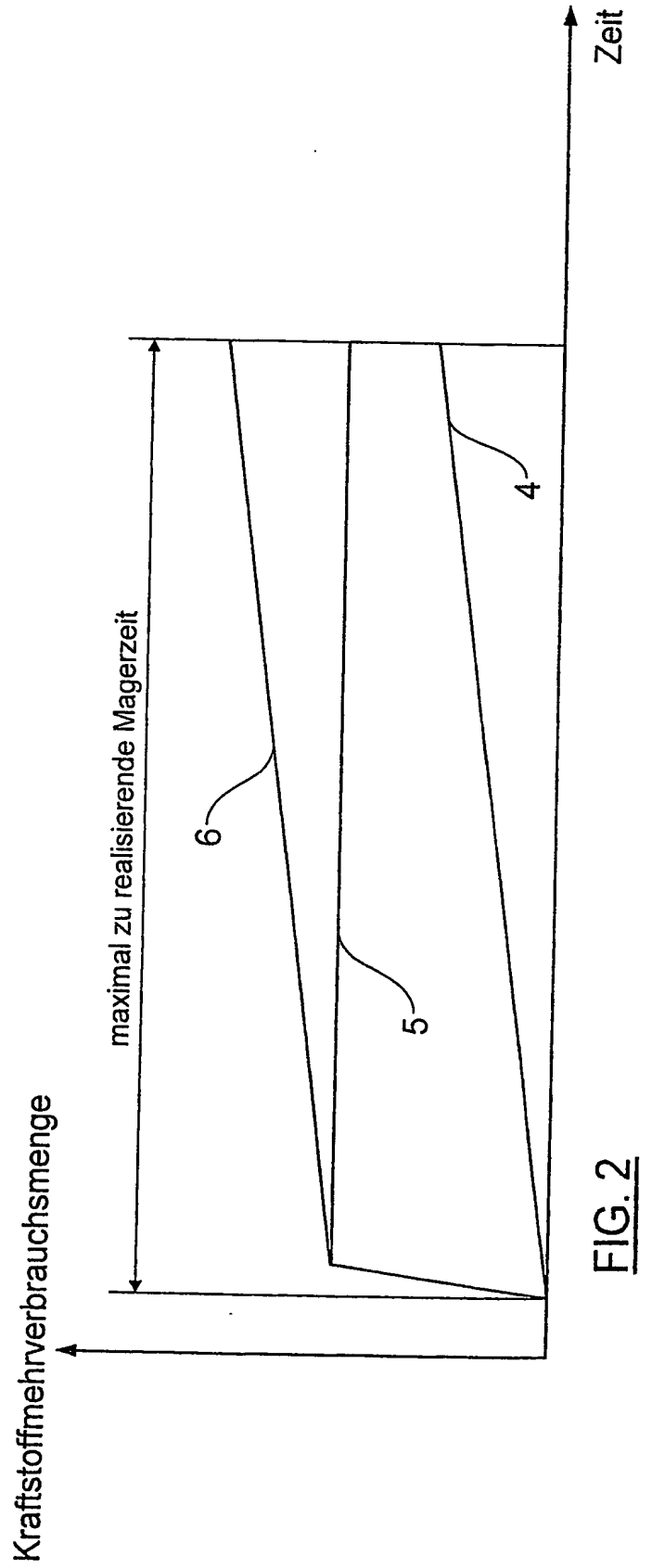
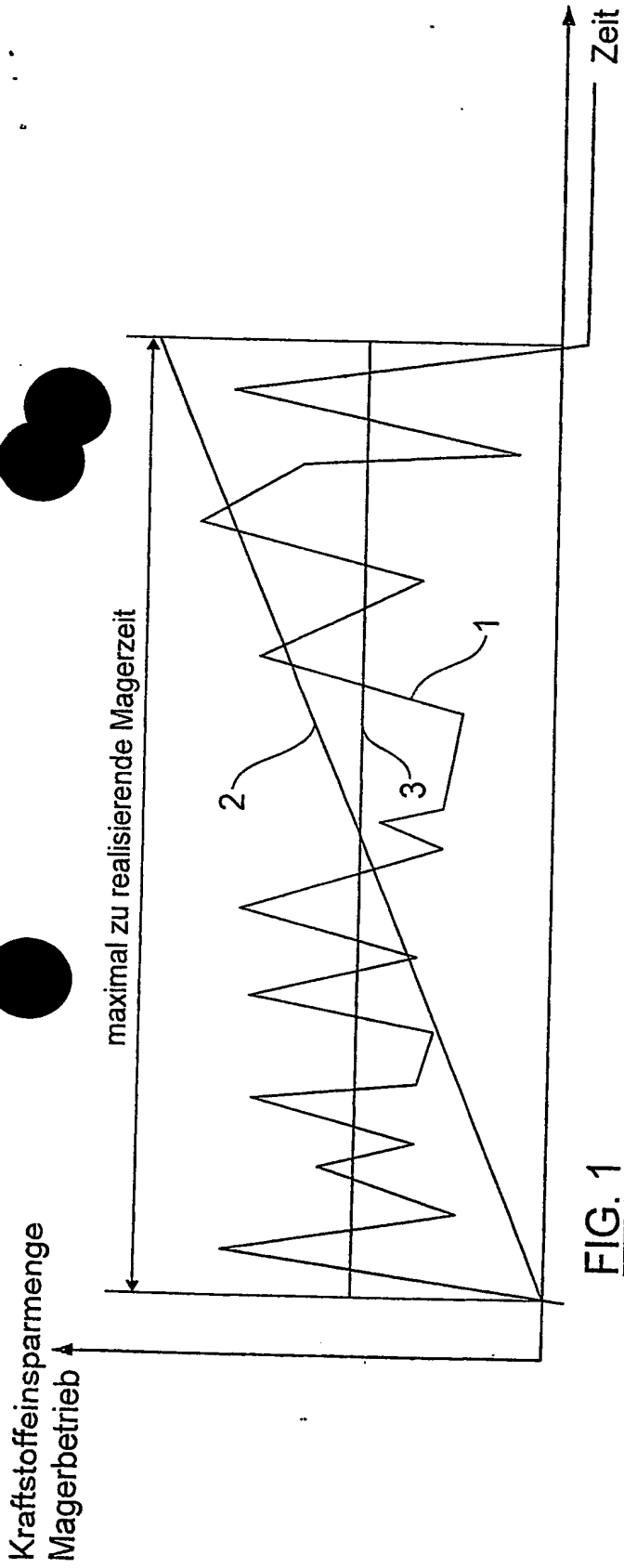
5 dass ein innerhalb des Speicherkatalysator-Kapazitätsfeldes liegender Umschalt-Betriebspunkt keine Unterschreitung der minimalen Stickoxid-Speicherfähigkeit darstellt, sondern die Änderung gegenüber dem vorherigen Betriebspunkt als Maß für die Speicherkatalysator-Alterung darstellt, und

dass ein das Speicherkatalysator-Kapazitätsfeld verlassender Umschalt-Betriebspunkt eine Unterschreitung der minimalen Stickoxid-Speicherfähigkeit darstellt.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass zur Festle-
15 gung des Umschaltzeitpunktes von der Einspeicherphase auf die Entladephase ein relativer Stickoxid-Schlupf als Differenz zwischen dem in den Stickoxid-Speicherkatalysator eingeströmten Stickoxid-Massenstrom und dem aus dem Stickoxid-Speicherkatalysator ausgeströmten Stickoxid-Massenstrom jeweils bezogen auf die Einspeicherzeit ermittelt wird dergestalt, dass der Quotient der Integralwerte des Stickoxid-Massenstroms vor und nach dem Stickoxid-Speicherkatalysator zudem in eine
20 Relativbeziehung mit einem vorgebbaren, von einem Abgasgrenzwert abgeleiteten Stickoxid-Konvertierungsgrad gebracht wird, so dass beim Vorliegen dieser vorgegebenen Umschaltbedingung das Umschalten
25 von der Einspeicherphase auf die Entladephase zum hinsichtlich Kraftstoffverbrauch und Einspeicherpotential optimierten Umschaltzeitpunkt durchgeführt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass das
30 Speicherkatalysator-Kapazitätsfeld bezogen auf das Temperaturfenster

einerseits durch eine Grenzlinie für einen neuen Speicherkatalysator und andererseits durch eine Grenzlinie für einen einen Grenzalterungszustand darstellenden gealterten Speicherkatalysator begrenzt ist, wobei das Temperaturfenster vorzugsweise Temperaturwerte zwischen in etwa 200°C und in etwa 450°C umfasst.



Zusammenfassung

Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine eines Fahrzeugs, 5 insbesondere eines Kraftfahrzeuges

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine eines Fahrzeugs, insbesondere eines Kraftfahrzeuges, mit einem ersten Betriebsbereich als Magerbetriebsbereich, wobei zum Entladen des Stickoxid-Speicherkatalysators mittels einem Motorsteuergerät vom Magerbetriebsbereich auf einen fetten Betriebsbereich umgeschaltet wird. Erfindungsgemäß sperrt das Motorsteuergerät ein Umschalten in den Magerbetriebsbereich, falls die Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge für die Entladungen in einem bestimmten vorgebbaren sich über mehrere Magerbetriebsphasen erstreckenden Auswertezeitraum gleich oder größer ist als die Kraftstoff-Minderverbrauchsmenge durch Magerbetrieb in diesem Überwachungszeitraum. Weiter gibt das Motorsteuergerät einen Magerbetrieb und damit ein Umschalten zwischen dem Magerbetriebsbereich und dem homogenen Betriebsbereich frei, falls die Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge für die Entladungen in dem Auswertezeitraum kleiner ist als die Kraftstoff-Minderverbrauchsmenge durch Magerbetrieb in diesem Auswertezeitraum. Die Kraftstoff-Minderverbrauchsmenge wird als Funktion eines über den Auswertezeitraum gemittelten Stickoxid-Rohmassenstromwertes, als Funktion einer über den Auswertezeitraum gemittelten Kraftstoffeinsparmenge in den in den Auswertezeitraum fallenden Magerbetriebsphasen gegenüber den homogenen Betriebsbereichsphasen in dem Auswertezeitraum und als Funktion einer über den Auswertezeitraum gemittelten Zeit zwischen zwei einen vorgebbaren Last- und/oder Drehzahlgrenzwert überschreitenden und ein Verlassen des Magerbetriebsbereiches bedingenden Momentenanforderungen ermittelt, während die Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge als Funktion eines über den Auswertezeitraum gemittelten Speicherkatalysator-Beladungszustandes ermittelt wird.

(Fig. 1)

Kraftstoff einsparmenge
Magerbetrieb

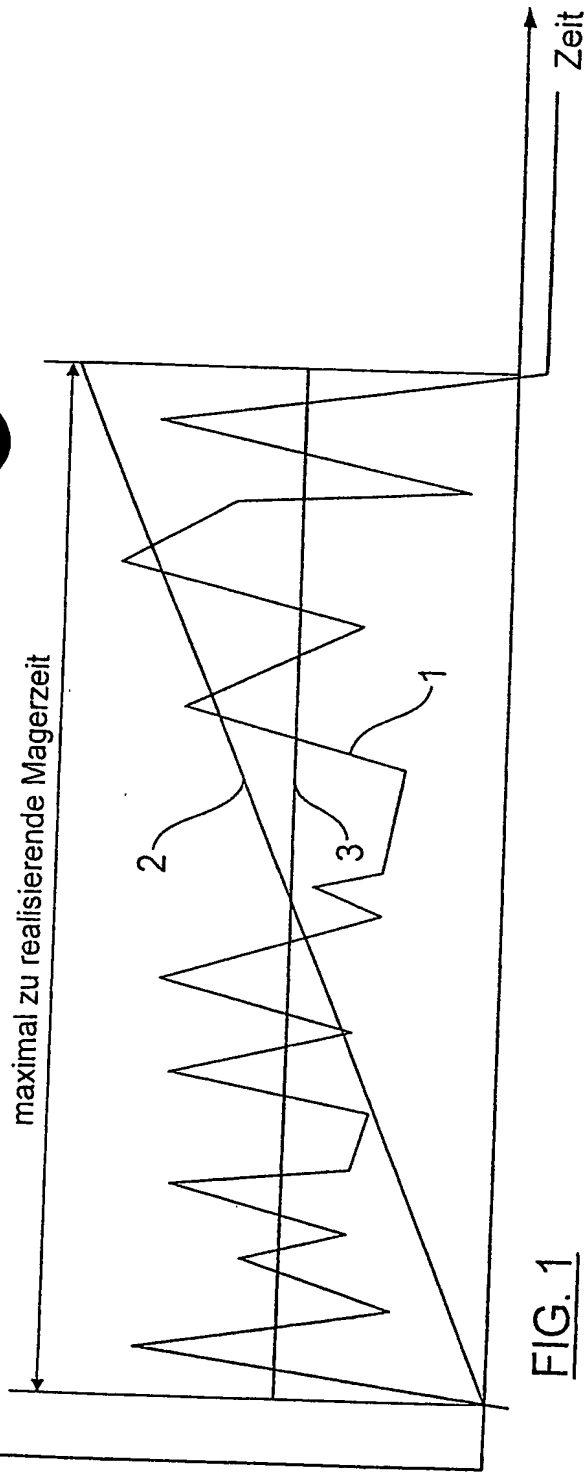


FIG. 1